Experimentelle Untersuchungen

über den

Einfluss seitlicher Blendung auf die centrale Sehschärfe.

Inaugural-Dissertation,

welche nebst den beigefügten Thesen mit Genehmigung der Hohen medicinischen Fakultät der königl. Universität Breslau zur Erlangung der Doktorwürde in der Medicin, Chirurgie und Geburtshilfe

am

Montag den 2. Juli 1900, vorm. 11½ Uhr

in der

Aula Leopoldina der Universität öffentlich verteidigen wird

Richard Depène,
Volontärassistent an der königl. Universitäts-Augenklinik.

Opponenten:

Paul Galley,
Hugo Mix, } approbirte Aerzte in Breslau.

Stuttgart.
Hoffmannsche Buchdruckerei.

Zum Druck genehmigt auf Antrag des Referenten

Herrn Professor **Dr. Uhthoff.**

Imprimatur

Geheimrat Professor **Dr. Küstner,** Prodekan.

Lebenslauf.

Ich, Max Adolf Richard Depène, evangelischer Konfession, bin geboren am 14. März 1874 zu Saarau, Kr. Schweidnitz, Prov. Schlesien, als Sohn des verstorbenen Böttchermeisters Adolf Depène und seiner Ehefrau Marie, geb. Wagner. Von Ostern 1880 bis Ostern 1882 besuchte ich die Volksschule zu Saarau, von Ostern 1882 das Johannesgymnasium zu Breslau, bestand daselbst Ostern 1892 die Reifeprüfung, studirte in Breslau Medizin, absolvirte am 4. Mai 1894 das Tentamen physicum, liess mich Michaelis 1896 exmatriculiren, legte im W.-S. 1897/98 die ärztliche Staatsprüfung ab und bestand am 22./VI. 1898 das Examen rigorosum.

Während meiner Studienzeit hörte ich Vorlesungen bei folgenden Herren Professoren und Dozenten:

Born, Chun, F. Cohn (†), Czerny, Flügge, Förster, Fränkel, Geppert, Groenouw, Hasse, Heidenhain (†), Hürthle, Kast, Kaufmann, Kümmel, Küstner, Ladenburg, Meyer, v. Mikulicz-Radezki, Neisser, Pfannenstiel, Ponfick, Röhmann, Stern, Tietze, Wernicke, Wiener.

Thesen.

I.

Wird bei einem unter relativ guten Beleuchtungsverhältnissen sehenden Auge durch seitliche Blendung eine Verbesserung der centralen Sehschärfe erzielt, so hat diese, wenn nicht ihre einzige, so doch wesentliche Ursache in der eingetretenen Pupillenverengerung.

II.

Es giebt eine nur durch Alkohol erzeugte Intoxicationsamblyopie.

III.

Die infolge Bleivergiftung eintretende Amblyopie bildet gegenüber dem Bilde der gewöhnlichen Intoxicationsamblyopie (Typus: Tabak — Alkohol) eine Form für sich.

Die Thatsache der Blendung und der durch sie hervorgerufenen Sehstörung ist bekannt. Im Allgemeinen denkt man hierbei an die Blendung, die eintritt, wenn man in eine helle Lichtquelle selbst z. B. die Sonne, eine Flamme, oder auf ein intensiv erleuchtetes Objekt, z. B. eine von der Sonne bestrahlte Schneefläche, blickt. Es giebt jedoch noch eine andere Möglichkeit von Sehstörung durch Blendung: wir können im täglichen Leben oft die Erfahrung machen, dass wir im Erkennen von Personen oder Gegenständen auch dann gestört werden, wenn diese zwar nur mässig beleuchtet sind, wenn aber unser Auge noch von anderem Licht getroffen wird, als zur Erhellung der zu erkennenden Dinge nötig ist, oder die Lichtquelle selbst ihre Strahlen unter für das Sehen des Auges ungünstigen Bedingungen aussendet.

Die Häufigkeit dieser Erscheinung und ihre Wichtigkeit im praktischen Leben z. B. für die Schulhygiene hätte über diese Frage eine rege Betheiligung der Litteratur an Beobachtungen, Experimenten, kritischen Erörterungen und Vorschlägen zur Vermeidung dieser Sehstörungen erwarten lassen. Indes finden wir — die Thatsache der Blendung häufig zwar erwähnt — eingehendere Arbeiten darüber nur sehr spärlich. Nur Sewal, Urbantschitsch und besonders Schmidt-Rimpler haben experimentelle Beiträge veröffentlicht, über die später

berichtet werden wird. Weiterhin hat Uhthoff über diese Frage einschlägige experimentelle Untersuchungen angestellt, über die er auf dem internationalen Ophthalmologen-Kongress zu Utrecht 1899 berichtet hat, und nach seiner Anleitung ist die vorliegende Arbeit entstanden, die sich im wesentlichen auf experimentellem Gebiete bewegt.

Inwieweit die Blendung und die durch sie hervorgerufene Sehstörung sich im alltäglichen Leben geltend macht, dafür lassen sich zahlreiche Beispiele anführen:

Sehen wir uns in einer von hellem Sonnenschein beleuchteten Landschaft um, so halten wir uns, wird das Gesicht in der Richtung nach der Sonne zu gewendet, unwillkürlich die Hand über das Auge, um durch Abblendung der Sonnenstrahlen besser sehen zu können. Die Gegend erscheint wie von einem Schleier verhüllt, dunklere Partien z. B. am Waldessaum, im Schatten von Häusern befindliche Gegenstände werden nur undeutlich wahrgenommen. Die Sehstörung ist um so grösser, je niedriger der Sonnenstand, d. h. je kleiner der Winkel ist, unter dem die Sonnenstrahlen unsere Gesichtslinie schneiden. Befinden wir uns im Zimmer, so ist es selbst bei gutem Tageslicht schwer, Gegensände, die unter dem Fenster, am Pfeiler zwischen zwei Fenstern angebracht sind, z. B. Bilder, Uhren, Tapetenmuster u. s. w. genau zu erkennen. Nähertreten oder Abblenden des von den Fenstern zum Auge gelangenden Lichtes lässt sofort deutlich sehen. — Steht jemand am Fenster, mit dem Rücken diesem zugekehrt, so wird es event. unmöglich, seine Gesichtszüge, die Farbe seines Anzuges zu erkennen, zumal wenn die beobachtende Person in grösserer Entfernung sich befindet. Dass an und für sich die Beleuchtung der undeutlich erkannten Dinge zum genauen Erkennen vollkommen ausreichend sein kann, davon überzeugt man sich, wenn man wiederum z. B. durch die Hand das Auge vor Blendung schützt oder das durch das Fenster hereinflutende Licht durch Vorhänge dämpft. Wird in letzterem Falle auch die Lichtmenge im ganzen etwas herabgesetzt, so fällt doch der blendende Einfluss weg und das Erkennen wird verbessert.— Jeder weiss ferner aus eigener Erfahrung, dass in der Schule ungünstig d. h. unmittelbar am Fenster sitzenden Schülern es schwer fällt unter gewissen Bedingungen das auf der Tafel Ge-

zeichnete oder andere demonstrierte Dinge zu erkennen. Dass die Schuld hierfür in dem seitlich blendenden Lichte liegt, geht daraus hervor, dass am Pfeiler sitzende Schüler nicht belästigt werden. Wie schwer ist es weiter am Abend von der durch eine Lampe beleuchteten Stube oder vom hellen Eisenbahnabtheil aus Gegenstände im Freien zu erkennen, obwohl die Beleuchtung draussen an und für sich ein ausreichendes Erkennen zuliesse; löscht man das Licht aus, so erscheint die aussen befindliche Gegend noch genügend deutlich. — Gleichen Verhältnissen begegnen wir, wenn wir versuchen von den künstlich erleuchteten Strassen der Stadt aus den Nachthimmel zu betrachten: mit Mühe erkennt man die hellen grossen Sterne; kleinere Sterne, die Wolkenbildung entgehen völlig der Wahrnehmung. Je mehr man sich einer Laterne nähert, um so schwerer wird die Wahrnehmung wenig erleuchteter Partien. Auch könnte eine Wirkung der sogenannten Blend- oder Diebslaternen hier Erwähnung finden, insofern der Träger derselben in vollkommenes Dunkel für eine von ihm mit der Laterne geblendete Person gehüllt bleibt, ohne dass es dieser möglich wäre, ihn zu erkennen. Aus gleichem Grunde wird z. B. die Gestalt eines Radfahrers oder Kutschers um so schwerer erkennbar, je intensiverer Beleuchtung er an seinem Fahrzeuge sich bedient: erstere mit Acetylenbeleuchtung am Rade wird selbst bei geringer Entfernung dem Passanten vollkommen undeutlich. Ferner gehört hierher noch die Thatsache, dass die Sterne, die am hellen Tage nicht gesehen werden, von einem tieferen Schacht oder durch ein Fernrohr auch am Tage dem Auge sichtbar werden, weil eben unter diesen Verhältnissen fast nur das vom Stern ausgehende Licht das Auge trifft, und das Sonnenlicht von ihm abgehalten wird.

Solcher Beispiele liessen sich noch manche anführen; die angegebenen mögen genügen, um den schädigenden Einfluss von Nebenbeleuchtung des Auges für das Sehen und Erkennen zu demonstriren. Mit diesen Thatsachen im Widerspruch stehen nun andere, in der Litteratur mitgetheilte Beobachtungen. Wie sich dieser Gegensatz deuten lässt, wird sich im Laufe der Arbeit ergeben. Es sind dies die Mittheilungen von Prof. Fleischl, nach dem ein lichtschwacher Saturnmond besser gesehen wird, wenn der Saturn sich gleichzeitig im Gesichtsfelde

des Fernrohrs sich befindet; von Harrington[1], der bemerkte, dass er den Mond deutlicher erkennen konnte, wenn er sich ein Licht zur Seite des beobachtenden Auges hielt; von Sewal[1], welcher fand, dass die Sehschärfe eines Auges gehoben wird, wenn dasselbe gleichzeitig skleral beleuchtet wird. Urbantschitsch[2] theilt folgendes mit: er beleuchtete eine Tafel mit Schriftproben, die in einer Entfernung aufgestellt wurden, dass die Buchstaben eben nicht mehr deutlich gesehen wurden, wenn er die Lichtstrahlen der Beleuchtungslampe durch die seitlich vor das Auge gehaltene Hand von diesem abblendete. Zog er die Hand weg, so dass die Lichtstrahlen nun direkt ins Auge fielen, so erschienen die Buchstaben deutlicher und schärfer. Die durch das seitliche Licht eintretende Pupillenverengerung sollte hierbei keine Rolle spielen, da angeblich das gleiche Resultat bei Patienten mit vollständiger Pupillenstarre und gleichzeitiger Akkomodationslähmung erzielt wurde.

Schmidt-Rimpler[3] bestätigte im wesentlichen die Beobachtungen von Sewall und Urbantschitsch und ergänzte dieselben dahin, dass zwar bei einem gewissen Grade skleraler Beleuchtung die Sehschärfe zunehme, aber bei stärkerer Intensität der seitlichen Blendung abnehme und das um so eher, je schwächer das beobachtete Objekt erleuchtet sei. Als praktisches Beispiel führt er an: wenn man abends bei eintretender Dunkelheit in die Landschaft hinausblicke und ferne Gegenstände in ihren Umrissen gerade noch erkennen könne, so verschwänden diesselben sofort, sobald man sich seitlich des Auges eine Kerze halte. Die Veranlassung, die Beeinflussung der Sehschärfe durch seitliche Beleuchtung näher zu untersuchen, bot sich ihm durch folgende, an sich selbst wahrgenommene Beobachtung: eines Abends bemerkte er beim Lesen, während die Lampe ihm zur Seite auf dem Tische stand, dass er mit dem von der

---

[1]) Sewal H. on the physiological effect of light which enters the eye througth the sclerotic coat Journal of Physiol. V. p. 132.

[2]) Urbantschitsch. Ueber die Wechselwirkungen der innerhalb der Sinnesgebiete gesetzten Erregungen. Archiv für die ges. Physiologie XXX.

[3]) Schmidt-Rimpler: Ueber den Einfluss peripherer Netzhautreizung auf das centrale Sehen. Heidelberger Congress 1887. S. 76.

Lampe beleuchteten Auge die Buchstaben schärfer erkennen konnte als mit dem im Schatten befindlichen. Ein Controlversuch durch Beleuchtung des andern Auges ergab dasselbe Resultat. Er stellte nun seine Versuche an Aerzten, Studierenden und Patienten an. In einem Dunkelzimmer wurden Snellen-Buchstaben durch eine Lampe beleuchtet, die etwas seitlich aufgestellt war, und nun wurde festgestellt, welche Reihe noch erkannt werden konnte, und ob alle Buchstaben der Reihe gleich scharf erschienen. Sodann wurde durch eine Convexlinse konzentrirtes Licht einer Edinson'schen Lampe auf die Sklera geworfen, wobei der Einfall von Lichtstrahlen durch die Pupille ev. noch durch ein seitlich vorgehaltenes Kartenblatt vermieden wurde. Ein System verschiebbarer Röhren mit kleiner Oeffnung, die an die Lampe gesetzt werden konnten, gestattete die Lichtkonzentration auf eine kleine Skleralpartie und ein grösseres und geringeres Abgehen mit der Lampe, ohne dass eine Aenderung in der Grösse der beleuchteten Skleralfläche eintrat. Durch mässige Beleuchtung bei nicht augenkranken Individuen wurde eine Besserung der Sehschärfe konstatirt — nur bei einem Studenten trat sofort Verschlechterung ein —, bei intensivem Licht zeigte sich eine bedeutende Verschlechterung. Eine Verengerung der Pupille, die bei Sklerabeleuchtung aber kaum erkennbar war, sollte dabei keine Rolle spielen, da bei stärkerer Beleuchtung eine Verschlechterung des Sehens eingetreten und bei atropinisirten Augen dieselbe Wirkung erzielt worden sei.

Der Einfluss der peripheren Netzhautbeleuchtung auf die centrale Sehschärfe war bei den einzelnen Individuen verschieden bezüglich des Grades der Besserung und Verschlechterung des Sehens, auch bezüglich der erforderlichen Intensität der skleralen Beleuchtung. Bei lichtempfindlichen Augen trat eine Verminderung der Sehschärfe schon bei schwächerer peripherer Beleuchtung ein. Schmidt-Rimpler bemerkte dasselbe auch an sich selbst: wenn er das eine Auge am Tage durch Mikroskopiren angestrengt hatte, so sah er mit demselben, wenn es abends beim Lesen von der Lampe beleuchtet wurde, schlechter als mit dem im Schatten befindlichen. Bei einzelnen Augenerkrankungen (Neuritis, Sehnervenatrophie, Cataracta, Glaucoma simplex mit Coloboma artificiale) bewirkte die geringste Beleuchtung Verschlechterung des

Sehens, während bei einem Falle von Glaskörpertrübung und einem Falle von Netzhautablösung Besserung eintrat.

Die Thatsache der Verschlechterung des Sehens bei geringer skleraler Beleuchtung gab Anlass den Klagen über Blendungserscheinungen näher zu treten. Bis dahin sollte die zu helle Beleuchtung des makulären Bildes schuld sein an der Blendung. Schmidt-Rimpler's Versuche zeigten, dass auch stärkere Beleuchtung der peripheren Netzhautpartien schuld sei. Er konstruirte deshalb nussschalenförmige Brillen mit einer Oeffnung von 1 cm Durchmesser. Durch diese Oeffnung gelangten alle vom fixirten Gegenstande herkommenden Strahlen ins Auge, ja noch mehr, da die Pupille unter der Brille sich erweiterte. Das makuläre Bild war also ebenso beleuchtet wie vorher, es trat aber nunmehr eine Besserung des Sehens ein; in einem Falle von auf $^4/_{18}$ auf $^4/_9$ S. Besonders zeigte sich die Verbesserung, wenn der Patient mit dem Gesicht dem Fenster zugewandt war. Bei Prüfungen, wobei der Rücken nach dem Fenster gekehrt war, trat bei einzelnen Besserung, bei anderen Verschlechterung ein. Infolge des Wunsches mancher Patienten, dauernde Verbesserung des Sehens durch Nussschalenbrillen zu erhalten, konstruierte Schmidt-Rimpler eine „Peripherie-Schutzbrille".

Seit dieser Schmidt-Rimpler'schen Mittheilung finden sich in der Litteratur keine weiteren Daten über Versuche zur näheren Erforschung des Verhaltens der Sehschärfe bei seitlicher Beleuchtung. Im Jahre 1885 stellte Professor Uhthoff Experimente über diese Frage an, ohne jedoch damals seine Resultate zu veröffentlichen. Durch die freundliche Ueberlassung der Notizen über diese Experimente ist Verfasser in der Lage, kurz Veranstaltung und Ergebnisse der Versuche mitzutheilen. Prof. Uhthoff experimentirte einmal bei Tageslicht zu verschiedenen Tageszeiten und bei wechselnder Tagesbeleuchtung, bei freiem und bewölktem Himmel und ferner bei Lampenlicht. Eine Tafel mit Burchard'schen Punktproben diente als Sehobjekt. Zunächst wurde die Entfernung, in der die Sehproben z. B. N. 50 erkannt wurden, festgestellt und daraus die Sehschärfe bestimmt. Nun erfolgte die seitliche Blendung durch eine unter bestimmtem Winkel zur Sehachse aufgestellte gewöhn-

liche Petroleumlampe. Das Licht beleuchtete dabei nicht nur, wie bei den Schmidt-Rimpler'schen Versuchen, die Sklera, sondern entsprechend den natürlichen Verhältnissen den ganzen vorderen Augenabschnitt. Durch Näherrücken oder Entfernen der Lampe wurde die Grösse der beleuchteten Netzhautpartie variirt und bei bestimmten von 60 cm bis 5 cm schwankenden Entfernungen die Sehschärfe festgestellt. Es ergab sich aus diesen Versuchen:

Bei guter Beleuchtung der zu erkennenden Objekte war kein schädigender Einfluss durch Blendung wahrzunehmen. Je schwächer dagegen die Beleuchtung wurde, um so stärker wurde die Sehstörung. In demselben Sinne wirkte auch eine Verkleinerung des Einfallswinkels der Blendungsstrahlen und eine Vergrösserung des geblendeten Netzhautterrains.

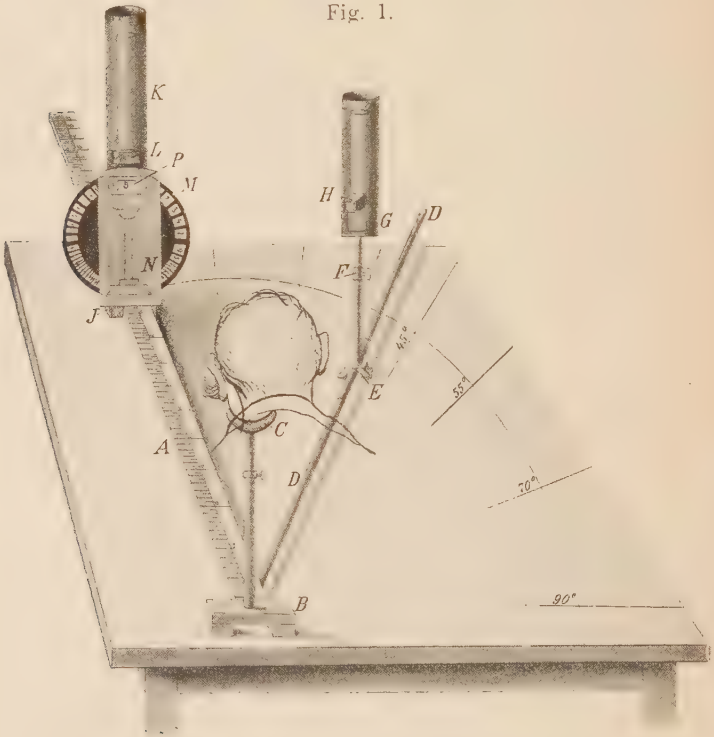
Bestrebt, in noch exakterer Weise zu experimentiren, liess Uhthoff folgenden Apparat konstruiren, an dem Verfasser seine Versuche anstellte.

Beschreibung des Blendungs-Apparates:

Die Grundlage des Apparates bildet eine 1 m lange und 6 cm breite am Anfang und Ende auf Holzpflöcken ruhende Holzschiene (A), die auf ihrer oberen Seite eine Masseintheilung trägt. An dem einen Ende (B) befindet sich eine Kinnstütze (C) analog der beim Förster'schen Perimeter. An demselben Ende geht von der unteren Schienenseite ein runder Eisenstab (D) aus, der um seinen Ansatzpunkt nach beiden Seiten der Schiene um c. 90° gedreht werden kann. Auf einem durch eine Hülse (E) auf dem Stabe in der Richtung desselben beweglichen kurzen Eisenstück (F) ruht ein Auerbrenner, der als seitliche Beleuchtungsquelle dient und allseitig durch einen abhebbaren Schornstein (G) verschlossen wird. Dieser letztere ist an der einen Seite in gleicher Höhe mit dem zu untersuchenden Auge quadratisch durchbrochen, und an dieser Oeffnung ein kurzes Ansatzstück (H) in Form eines graden, rechtwinkligen Parallelepipedons mit offenen Grundflächen befestigt. In diesem Theil lassen sich durch einen seitlichen senkrechten Spalt Blenden einschieben, die einen kreisförmigen central gelegenen Ausschnitt von bestimmtem Durchmesser tragen, den das Licht des Auerbrenners passieren muss, um zum Auge zu gelangen. Benutzt wurden Blenden von 6, 10, 14 und 20 mm Kreisdurchmesser. Auf der Holzschiene kann ein eine Petroleumlampe tragender Holzschieber (J) hin und her bewegt werden. Die Lampe

ist gleichfalls durch einen mit einem Ansatzstück (L) versehenen Schornstein (K) abgeschlossen. Unmittelbar vor und unter der Lampe, überragt von dem auf der Unterseite einen rechteckigen quer verlaufenden Ausschnitt tragenden Ansatze ist eine um ihre Mitte drehbare von schwarzem Papier überklebte Scheibe (M) angebracht, die zum Tragen der auf sie geklebten

Fig. 1.



Apparat für Blendung der excentrischen Netzhautpartieen bei gleichzeitiger Prüfung der centralen Sehschärfe.

Probeobjekte dient. Beleuchtet werden diese dadurch, dass das von der Petroleumlampe ausgehende Licht von einem im Ansatze (L) um seine Achse rotirbaren Spiegel reflektirt wird und durch den auf der unteren Seite befindlichen Querspalt die Scheibe trifft. In den Seitenwänden des Ansatzes verlaufen zwei korrespondirende vertikale Spalten. Durch dieselben lassen sich Rauchgläser zur Abschwächung der Beleuchtung einschieben. Vor Lampe und

Scheibe ist eine an beiden Seiten nach der Lampe umgebogene schwarze Platte (N), und in derselben im oberen Theil in gleicher Höhe mit dem zu untersuchenden Auge ein querer Spalt (P), durch zwei Schieber in seiner Länge variirbar. Im Spalt erscheinen die Sehobjekte der Scheibe.

Anordnung der Versuche und ihre Ergebnisse.

Um die Abhängigkeit der centralen Sehschärfe von der seitlichen Beleuchtung näher zu fixiren, konnten die Versuche in verschiedener Weise angestellt werden. Klar war von vornherein und auf Grund der Schmidt-Rimpler'schen und Uhthoff'schen Experimente, dass die Sehschärfe abgesehen von der Beschaffenheit des zu untersuchenden Auges abhängen musste: 1. von der Intensität, mit der die Sehobjekte beleuchtet wurden, 2. von der Grösse des geblendeten Netzhautterrains, 3. von dem Winkel, unter dem die seitliche Blendung das Auge trifft, und 4. von der Stärke derselben. Es handelte sich also darum, diese vier Momente in geeigneter Weise zu variiren und jedesmal die entsprechende Sehschärfe festzustellen. Dies wurde in folgender Weise erreicht:

Zu 1.: Die Beleuchtungsquelle, die Flamme der Petroleumlampe konnte jedesmal bis zur selben am Cylinder erkennbaren Höhe geschraubt werden, nachdem auf reichlichen Vorrat an Petroleum und auf einen möglichst gleichmässig verschnittenen Docht geachtet wurde. Sollte die Beleuchtung abgeschwächt werden, so wurden Rauchgläser von bestimmter Lichtdurchlässigkeit in den erwähnten Spalt des Schornsteinansatzes (L) gesteckt. Um die Benutzung zu starker Rauchgläser zu vermeiden, infolgederen das durchtretende Licht zu rot geworden wäre, wurde der Spiegel um 180° gedreht, so dass die Reflektion des Lichtes von dessen glänzender Rückseite erfolgte, und unter Umständen noch vermittels Rauchgläser die gewünschte geringe Intensität erzielt. Um zu wissen, wie stark die Sehobjekte erleuchtet waren, wurde, da eine direkte Messung mit dem Weberschen Photometer unmöglich war, für das untersuchte Auge des Verfassers eine Sehschärfekurve für verschiedene bestimmte Beleuchtungsgrade aufgestellt und daraus der Schluss auf die Intensität der Beleuchtung der Sehobjekte gezogen.

Zu 2.: Die Grösse des geblendeten Netzhautbezirks konnte durch die oben angegebenen Blenden von den erwähnten Durchmessern variirt werden. Die Bezirke verhalten sich ihrer Grösse nach wie die Quadrate der Radien der Blenden.

Zu 3: Die Variation des Winkels war leicht durch Drehung des Eisenstabes um seinen Ansatzpunkt zu erzielen. Es

war zur Vereinfachung der Winkelbestimmung eine Winkeleintheilung auf dem Tische, auf dem der Apparat stand, getroffen, so dass der Winkel sofort abgelesen werden konnte.

Zu 4.: Die Veränderung der Intensität, mit der geblendet wurde, erreichte ich dadurch, dass ich nach Einschiebung der grössten Blende verschieden starke Rauchgläser vor diese setzte und so die Beleuchtung herabsetzte. Die Intensität des durchgehenden Lichts wurde mit Hülfe des Weber'schen Photometers bestimmt.

Die Untersuchungen wurden im Dunkelzimmer der Universitäts-Augenklinik vorgenommen. Die Adaptionszeit wurde auf mindestens 10 Minuten ausgedehnt, eine Zeit, die nach den darüber angestellten Versuchen völlig ausreicht. Sodann wurde die Sehschärfe für einen bestimmten Grad der Beleuchtung der Sehobjekte durch Verschieben derselben möglichst genau festgestellt. Als Objekte dienten Zahlen von verschiedener Grösse, die aus den Nieden'schen Sehproben herausgeschnitten und auf der Scheibe concentrisch nebeneinander mit einem kleinen Abstande aufgeklebt waren. Die Zahlen wurden in den erwähnten Spalt (P) der Platte eingestellt und die Entfernung gemessen, in der sie gerade noch erkannt werden konnten. Aus der gemessenen Entfernung wurde die Sehschärfe genau ermittelt. Dann wurde in das Ansatzstück des Auerbrenners, in dem sonst eine vollständige Abblendung war, eine Blende von bestimmter Grösse gesteckt und der Brenner auf einen bestimmten Winkel eingestellt. Bei dem so geblendeten Auge wurde, während das zweite Auge zugehalten wurde, die Sehschärfe wieder durch Verschieben der Objekte bestimmt.

Nach einer Pause, die zur Erholung des Auges erwünscht war, wurde nun, während die Beleuchtung der Sehobjekte dieselbe blieb, einmal bei der schon benutzten Blende, aber anderem Winkel, dann bei demselben Winkel, aber anderer Blende dasselbe Verfahren eingeschlagen. Auf diese Weise erhielt man jeden Sehschärfewerth für einen bestimmten Winkel und bestimmte Blende doppelt. Verwendet wurden die Winkel 90°, 70°, 50°, 30°, 20°, 10° und für gewisse Fälle ev. noch Zwischenstufen. Es kamen also auf eine solche Versuchsreihe, da 4 Blenden im Gebrauch waren, 6×24 Sehschärfewerthe heraus, die je nach Winkel- resp. Blendenvariation gruppirt werden konnten, wobei jedoch die Beleuchtung der Sehobjekte konstant war. Natürlich wurden die Versuche mehrmals wiederholt: einmal weil alle 24 Versuche in einer Sitzung ohne Nachtheil für das Auge und die Genauigkeit des Experiments nicht angestellt werden konnten, und zweitens, weil bei verschiedenen Sitzungen kleine Unterschiede in den Resultaten nicht zu vermeiden waren, sei es, dass bei den Versuchen selbst sich

eine Ungenauigkeit einschlich oder das Auge durch anderweitige Leistungen das eine oder andere Mal mehr in Anspruch genommen war und dementsprehend verschieden reagirte. Es wurden daher nur die Durchschnittswerthe genommen.

War eine solche Versuchsreihe beendet, so wurde die Beleuchtung der Sehobjekte geändert in der oben angegebenen Weise und nun ebenso verfahren. Es wurden im Ganzen 6 solcher Versuchsreihen angestellt und zwar bei einer Beleuchtungsintensität der Probeobjekte von 100; 4,938: 2,441; 0,983; 0,610 und 0,133 Normalkerzen. Die zugehörigen Werthe der centralen Sehschärfe ohne Blendung waren: 2,20; 1,25; 1,07; 0,91; 0,72 und 0,33.

Die Grösse der geblendeten Netzhautparthien liess sich leicht berechnen, da der Durchmesser der Kreise in den Blenden und die Entfernung dieser vom Auge (= 40 cm) bekannt waren, sie betrug für die Blenden Nr. 20, 14, 10 und 6: 0,44178; 0,216475; 0,11045 und 0,03976 qmm; ihr Verhältnis zu einander war also = 100 : 49 : 25 : 9, d. h. das Verhältnis der Quadrate ihrer Radien.

Um den Einfluss der Intensität der seitlichen Blendung auf die Sehschärfe festzustellen, wurden bei gleichbleibender Stärke der Beleuchtung der Sehobjekte, bei gleichem Blendungswinkel und gleicher Grösse der im Schornsteinansatz des Auerbrenners steckenden Blende (Nr. 20) verschieden starke Rauchgläser vor diese gesetzt. Die Lichtstärken wurden mit Hülfe des Weber'schen Photometers bestimmt und betrugen: 0,31244; 1,14165; 2,2875; 3,4275; 3,94 und 8,577 N.-K.; in 40 cm Entfernung, in der sich das Auge befand. Daher: 1,95275; 7,1353; 14,2964; 21,4224; 24,625 und 53,606 N.-K; ihr gegenseitiges Verhältnis also rund: 3,6 : 13 : 26 : 40 : 46 : 100.

Zur Untersuchung benutzte Verfasser sein rechtes Auge. Eine bestehende Myopie von 5 D. wurde durch ein entsprechendes Concavglas bei allen Versuchen korrigirt. Ferner gelten die Resultate nur für den Fall, dass die seitliche Beleuchtungsquelle temporal und in gleicher Horizontalebene wie das Auge sich befindet. Angestellte Controllversuche mit seitlicher nasaler Blendung ergaben, dass keine wesentlichen Unterschiede obwalteten. Durch die freundliche Bereitwilligkeit einiger Herren (Prof. Uhthoff, Dr. Schmidt, cand. Bahrmann und Reinhardt) war es dem Verfasser möglich, zum Vergleich mit seinem Auge den Einfluss der Blendung auf das Sehen auch an anderen Augen festzustellen.

Die gewonnenen Werte der Sehschärfe sind die in folgenden Tabellen stehenden, in denen die senkrechten Kolumnen für denselben oben stehenden Blendungswinkel, die wagrechten für dieselbe benutzte Blende gelten.

Name des Untersuchten	Durchmesser der Blenden	Blendungswinkel 10°	20°	30°	50°	70°	90°	Beleuchtungsintensität der Sehobjekte	Centrale Sehschärfe ohne Blendung
Dep.	6 mm	2,40	2,375	2,375	2,35	—	2,30	c. 100 N. K.	2,20
	10 „	2,45	—	2,425	—	—	2,31		
	20 „	2,45	2,45	2,45	2,375	—	2,34		
„	6 „	1,23	1,27	1,29	1,31	—	1,29	4,938	1,25
	10 „	1,05	1,22	1,28	1,29	1,29	1,30		
	14 „	0,88	1,10	1,19	1,23	1,24	1,27		
	20 „	0,62	0,87	1,07	1,14	1,18	1,23		
„	6 „	0,93	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	2,441	1,07
	10 „	0,80	1,00	1,03	1,06	1,06	1,06		
	14 „	0,66	0,86	0,93	0,98	1,01	1,02		
	20 „	0,43	0,67	0,82	0,90	0,95	0,98		

Name des Untersuchten	N. d. Bl.	Blendungswinkel 10°	15°	20°	25°	30°	50°	70°	90°	B.-I. der Sehobjekte.	c. S. ohne Blendung.
	mm										
Dep.	6	0,75	—	0,90	—	0,91	0,93	0,93	0,93	0,983	0,91
	10	0,58	—	0,82	—	0,87	0,88	0,90	0,90		
	14	0,41	—	0,69	—	0,75	0,80	0,83	0,84		
	20	0,17	—	0,51	—	0,66	0,73	0,78	0,81		
„	6	0,50	—	0,60	—	0,64	0,68	0,71	0,72	0,610	0,72
	10	0,33	—	0,49	—	0,55	0,61	0,64	0,69		
	14	0,13	—	0,39	—	0,48	0,54	0,60	0,65		
	20	—	—	0,25	—	0,39	0,46	0,55	0,60		
„	6	—	0,015	0,164	0,19	0,21	0,24	0,27	0,30	0,133	0,33
	10	—	—	—	0,107	0,15	0,18	0,22	0,26		
	14	—	—	—	0,06	0,09	0,13	0,19	0,23		
	20	—	—	—	—	—	0,09	0,16	0,20		
Prof. Uhth.	10	2,05	—	2,05	—	2,05	2,05	2,05	1,975	100	1,80
Reinhardt	10	0,74	—	0,89	—	0,97	1,01	1,04	1,05	4,938	1,10
Bahrmann	6	0,80	—	0,89	—	0,90	0,92	0,91	0,91	2,441	0,91
Prof. Uhth.	10	0,155	—	0,38	—	0,45	0,56	0,62	0,69	0,610	0,76
„	10	—	—	0,0	0,04	0,06	0,14	0,19	0,21	0,133	0,26
Reinhardt	10	—	—	0,10	0,14	0,21	0,24	0,26	0,27	0,133	0,29

Die folgende Tabelle enthält die Werte der Sehschärfe des Auges des Verfassers bei den Versuchsreihen, in denen bei gleicher Beleuchtung der Sehobjekte, gleichem Blendungswinkel und demselben (durch die Blende Nr. 20) geblendeten Netzhautterrain die Intensität der seitlichen Blendung variirt wurde; die senkrechten Kolumnen enthalten die Werte der Sehschärfe für die über der Kolumne in N. K. angegebene Blendungsintensität.

Blendungswinkel	1,95275 N. K.	7,1353 N. K.	14,2964 N. K.	21,422 N. K.	24,625 N. K.	53,606 N. K.	Bel.-Int. der Sehobjekte	S. ohne Blendung
45°	2,19	2,36	2,36	—	2,36	2,36	c. 100 N. K.	2,156
45°	0,90	0,857	0,83	0,742	0,733	0,688	0,983	0,91
10°	0,84	0,67	0,51	0,46	0,424	0,18		
50°	0,32	0,26	0,20	0,15	0,12	0,11	0,133	0,33
10°	0,22	0,068	—	—	—	—		

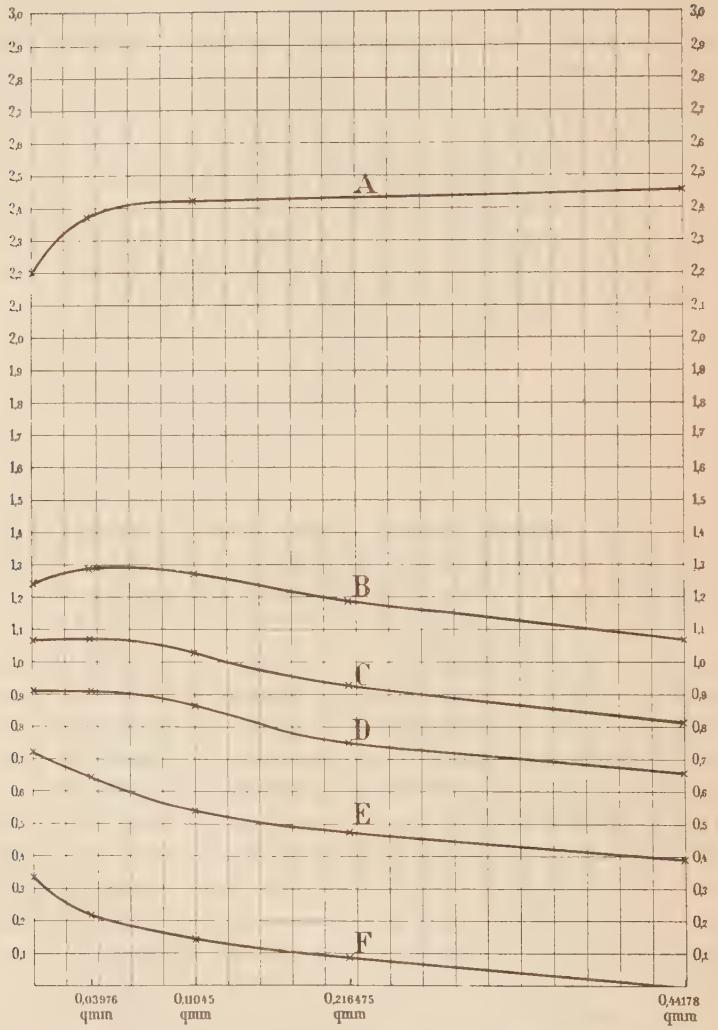
Zur besseren Uebersicht wurden die Ergebnisse in Curven aufgezeichnet und zwar in verschiedener Anordnung[1]). Einmal fungiren als Abscissen die verschiedenen Intensitäten der seitlichen Beleuchtung resp. die Grössen der geblendeten Netzhautpartien bei gleichem Blendungswinkel und gleicher Beleuchtung der Objekte, zweitens die verschiedenen Blendungswinkel und drittens die Intensitäten der Beleuchtung der Sehobjekte, wobei immer die übrigen Bedingungen konstant bleiben. Auf den Ordinaten sind jedesmal die erhaltenen Sehschärfewerte aufgetragen.

Sehen wir uns nun die Curven auf ihren Verlauf hin an, so finden wir

bei Gruppe I (Fig. 2), bei der die geblendeten Netzhautpartien als Abscissen gezeichnet sind, und in der der Anfangspunkt der Curve immer den Wert der Sehschärfe ohne Blendung bedeutet: Die Curven sind fast sämmtlich absteigende. Nur da, wo ihr Anfang hoch gelegen ist, d. h. wo das Sehobjekt gut beleuchtet ist, steigt die Curve,

[1]) Aus den oben angegebenen Tabellen lassen sich mit Leichtigkeit sämmtliche möglichen Curven construiren. Der Arbeit sind indes nur einige typische Curven beigefügt, die jedoch hinreichen dürften, um den analogen Verlauf auch der übrigen zu demonstriren.

Fig. 2.

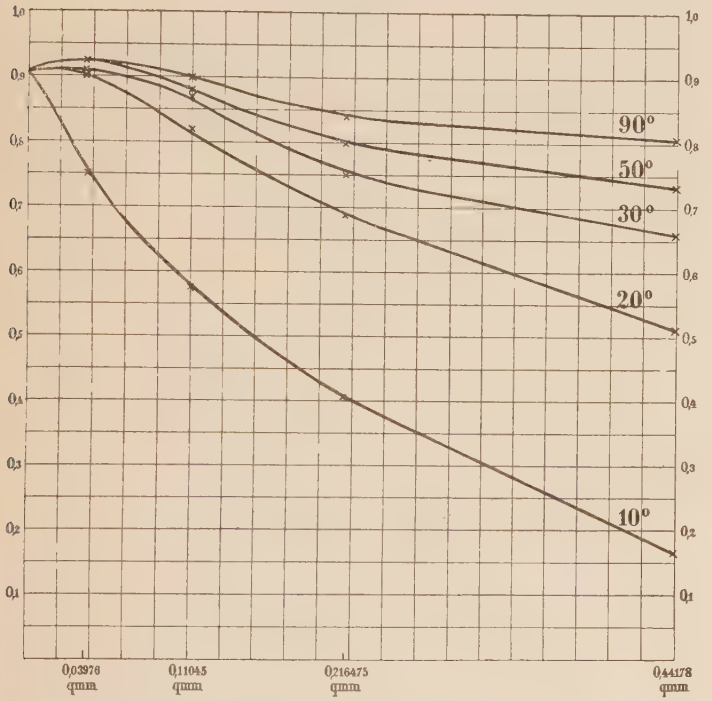


Curven, darstellend die Veränderung der centralen S bei Variation der Grösse des geblendeten Netzhautbezirks durch verschieden grosse Blenden (Durchmesser derselben: 6, 10, 14 und 20 mm) und bei verschiedener Beleuchtung der Leseproben beim ∢ 30°. 2 cm Abscisse = 0,044 178 qmm gebl. Netzhautterrain. 1 cm Ordinate = 0,1 Sehschärfe.

Beleuchtungsintensität der Leseproben für Curve A: 100 NK.
" " " " " B: 4,938 "
" " " " " C: 2,441 "
" " " " " D: 0,983 "
" " " " " E: 0,610 "
" " " " " F: 0,136 "

zuerst rasch, dann nur wenig resp. verläuft horizontal. Bei den in der Mitte liegenden Curven sehen wir am Anfang ein leichtes Steigen, dann aber ein Abfallen. Der Scheitel der Curve erhebt sich, je tiefer die Curven liegen, um so weniger und rückt näher an den Anfangs-

Fig. 3.



Curven, eine Untergruppe bildend, zur Demonstration des Einflusses des Blendungswinkels auf die Veränderung der centralen S bei Variation der Blendungsgrösse (Blenden von 6, 10, 14, 20 mm Durchmesser). Beleuchtung der Leseproben constant J = 0,983 NK. 2 cm Abscisse = 0,044 178 qmm geblendeten Netzhautterrains. 2 cm Ordinate = 0,1 S. Blendungswinkel: 90°, 50°, 30°, 20°, 10°.

punkt heran, um schliesslich überhaupt in diesem zu verschwinden, so dass die Linien von vornherein absteigen. Aehnlich verhält sich der Scheitel innerhalb einer Untergruppe[1]). Als eine solche sind immer die-

[1]) Vergl. Fig. 3, auf der eine Untergruppe demonstrirt ist.

jenigen Curven zusammengefasst, die gleichen Anfangspunkt haben und sich nur dadurch unterscheiden, dass sie für verschiedene Blendungswinkel gelten. Je grösser dieser Winkel ist, um so höher erhebt sich der Scheitel, während er bei kleineren Winkeln nicht vorhanden ist. Die Endpunkte der Curven rücken um so tiefer einmal, je niedriger der Anfangspunkt derselben liegt, und zweitens, je kleiner (innerhalb einer Untergruppe) der Blendungswinkel ist. Das Sinken findet immer derart statt, dass es am Anfang stärker ist als weiterhin.

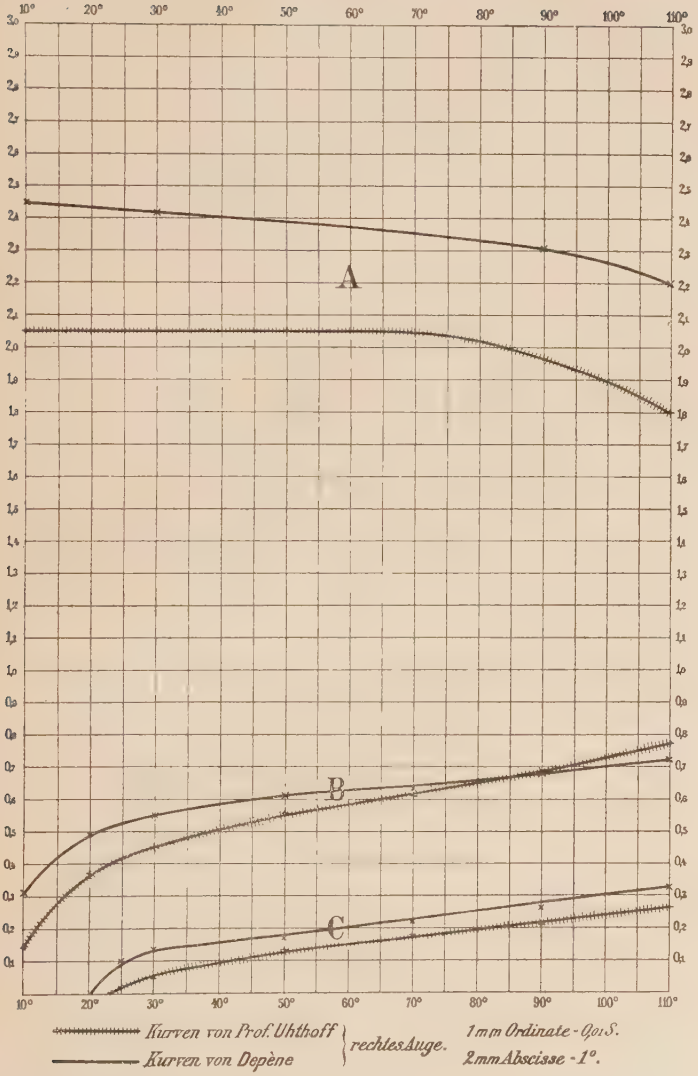
In Gruppe II (Fig. 4), bei der als Abscissen die Blendungswinkel fungiren, und deren Untergruppen diejenigen Curven enthalten, die zwar für verschiedene Blenden, aber für dieselbe ohne Blendung erhaltene Sehschärfe gelten, sehen wir, dass ein Erheben der Curve nur dann eintritt, wenn die Sehschärfe an und für sich schon hoch ist; und zwar steigen die obersten Curven bis zum Ende — am Schluss allerdings minimal. Bei den übrigen Curven findet dem kleineren Winkel zu ein dauerndes Sinken statt, das am Anfang langsam, dann rascher ist. Die Endpunkte rücken wieder um so tiefer, je niedriger der Anfangspunkt gelegen ist, und innerhalb der einzelnen Untergruppen je grösseres Netzhaut-Terrain die Blendung trifft.

In Gruppe III[1]), in der die verschiedenen Sehobjektbeleuchtungen als Abscissen aufgezeichnet sind, ist die Curve für die einzelnen Beleuchtungsintensitäten, ohne dass seitlich geblendet wird, mit eingetragen. Analog dieser Curve, die anfangs wenig, je geringer aber die Beleuchtung ist, um so mehr abfällt, verlaufen auch die anderen, bei denen immer Blendenummer und Blendungswinkel konstant sind. Ueber die erstgenannte (d. h. die ohne Blendung erhaltene) Sehschärfencurve erheben sich die anderen nur am Anfangsteil. Weiter abwärts rücken sie unter erstere; diejenigen, die für eine grosse Blende und für kleine Blendungswinkel gelten, eher als die anderen. Bei einer Beleuchtungsintensität der Probeobjekte von unter 1 N.-K. liegen alle Curven unter dem Niveau der ersteren. Entsprechend der Lage der Curven ist auch ihr Sinken.

Bei der Gruppe IV[1]), in der die Abscissen die ver-

[1]) Von diesen Gruppen sind keine Curven der Arbeit beigegeben; aus den oben angegebenen Zahlen lassen sich solche jedoch leicht construiren.

Fig. 4.



Curven zur Darstellung der Abhängigkeit der centralen S vom Blendungswinkel bei verschiedenen Beleuchtungsintensitäten der Leseproben. Die beim 110° notierte S ist diejenige, welche ohne Blendung erhalten wird. Blendungsgrösse konstant: 10 mm Durchmesser.

Beleuchtungsintensität der Leseproben bei A: 100
" " " " B: 0,610 } NK.
" " " " C: 0,136

schiedenen Blendungsintensitäten bezeichnen, stimmt der Verlauf der Curven im wesentlichen mit dem in Gruppe I überein, so dass eine nähere Beschreibung sich erübrigen dürfte. —

Der Verlauf der Curven lehrt also folgendes: Wird ein sehendes Auge durch seitliches Licht getroffen, so wird seine centrale Sehschärfe unter gewissen Umständen alterirt: sie wird entweder gehoben oder verschlechtert; als Zwischenstufen sehen wir Fälle, in denen eine wesentliche Aenderung nicht eintritt. Die Frage ist nun: wann und wodurch ist das eine oder andere bedingt? Die ausschlaggebenden Momente sind schon oben erwähnt. Wir finden, dass eine Verbesserung des Sehens nur dann eintritt, wenn die Beleuchtung der Objekte schon eine gewisse Höhe erreicht hat, wenn also schon an und für sich ziemlich gut gesehen wird. Das Erkennen wird dann durch verstärkte Blendung und bei Kleinerwerden des Blendungswinkels weiter gehoben, anfangs ziemlich rasch; dann jedoch ist die Grenze des Sehens erreicht. Eine weitere Steigerung konnte durch Erhöhung der Blendung nicht mehr erreicht werden. Ist aber die Sehschärfe ohne Blendung unter einer gewissen Grenze (etwa 1,25 beim Auge des Verfassers), so hebt eine weniger starke Blendung noch das Sehen, vorausgesetzt dass der Blendungswinkel nicht zu klein ist; im anderen Falle tritt Verschlechterung ein. Je weniger gut ein Gegenstand beleuchtet ist, um so bedeutender wird die Einbusse an centralem Sehen, wenn Blendung eintritt. Gleichzeitig wächst mit Zunahme der letzteren, sei sie durch Vergrösserung des geblendeten Netzhautgebietes oder in Erhöhung der Blendungsintensität bedingt, der Verlust am Sehen. Der Winkel beeinflusst dann so, dass, je kleiner er ist, der Nachtheil um so grösser wird, so dass schliesslich das volle Unvermögen eintritt, überhaupt noch etwas zu erkennen. Es verschwanden bei den Versuchen zuerst die Zahlen, dann wurde der Spalt unsichtbar, und schliesslich war das ganze Gesichtsfeld wie von einem undurchdringlichen Schleier bedeckt.

Das Ideal, ein mathematisches Gesetz, eine Formel für den Verlauf der Curven zu finden, war leider nicht zu erzielen. Es ist klar, dass bei der von den verschiedensten Momenten bedingten Beeinflussung, die

natürlich sämmtlich in einer umfassenden Formel zum Ausdruck kommen müssten, und bei der durch gewisse physiologische Schwankungen bedingten Mannigfaltigkeit der Resultate, eine alle diese Dinge berücksichtigende Formel komplizirt gebaut sein muss, falls sie thatsächlich existirt. Jedenfalls liessen sich trotz angestellter Rechnungen aus den Resultaten keine einfachen mathematischen Gesetze formuliren.

Verhalten der Sehschärfe bei reiner Scleralblendung.

Von Interesse war es weiterhin, folgende bei der Blendung eine Rolle spielende Momente zu berücksichtigen: man vergegenwärtige sich, dass das seitlich kommende Licht auf 2 Wegen zur Netzhaut gelangt und seine Wirkung entfaltet. Ein Teil des Lichts durchleuchtet die Sclera und trifft die seitlichen Netzhautpartien, ein anderer Teil gelangt durch die Pupille ins Innere des Auges. Auf den Einfluss der Scleralblendung hat Schmidt-Rimpler hingewiesen, dessen Versuchsergebnisse Verfasser bestätigt fand. Es wurde für die drei Fälle, dass die Intensität der Beleuchtung der Sehobjekte = 100; 2,441 und 0,133 N.-K. betrug, unter Benutzung der Blende von 20 mm Durchmesser und Variation des Blendungswinkels so experimentirt, dass durch einen unter fortwährender Kontrolle vor das Auge gehaltenen schwarzen Stab das Licht gehindert wurde durch die Pupille ins Augeninnere zu fallen und so nur die Sclera traf. Es zeigte sich dabei, dass bei guter Beleuchtung der Sehobjekte das Sehen gebessert wurde, im 2. Falle etwa unverändert blieb, dagegen im 3. Falle, bei sehr geringer Objektbeleuchtung Verschlechterung eintrat. Ferner wurde konstatirt, dass der Winkel, unter dem das Licht die Sclera traf, keinen besonderen Einfluss hatte.

Name des Untersuchten	10°	20°	30°	50°	70°	90°	Centrale Sehschärfe ohne Blendung
Verfasser	—	2,21	—	2,25	—	—	2,175
Bahrmann	—	1,73	—	1,75	—	—	1,70
Verfasser	1,06	1,07	1,06	1,07	1,07	1,07	1,07
	0,274	0,281	0,267	0,256	0,257	0,264	0,33

Verhalten der Sehschärfe bei reiner Pupillarblendung.

Wurde dann weiter so experimentirt, dass das Licht nur die Pupille, nicht die Sclera traf, was wieder durch den schwarzen Stab erreicht wurde, so ergab sich: bei Fall 1 gleichfalls Verbesserung der Sehschärfe und zwar entsprechend dem Einfallswinkel, dass je kleiner dieser war, um so grösser die Sehschärfe wurde. Die Curve steigt anfangs rasch, von 20° bis 10° dagegen nicht mehr, entspricht also in ihrem Verlaufe der bei voller Blendung des Auges enthaltenen. Im 2. Falle stimmen die Werte fast überein mit den bei voller Blendung erhaltenen, d. h. bei mittlerer Beleuchtung des Objekts ist für die Verschlechterung des Sehens nur massgebend der Einfluss der Blendung auf das Augeninnere. Ist dagegen die Sehschärfe überhaupt schon unter einer gewissen Grenze, so tritt stärkere Einbusse an centralem Sehen ein, die aber immer geringer ist, als wenn das ganze Auge geblendet wird. Die erhaltenen Zahlenwerte sind folgende:

Name des Untersuchten	10°	20°	30°	50°	70°	90°	Centrale Sehschärfe ohne Blendung
Verfasser	2,35	2,35	—	2,30	—	—	2,175
Bahrmann	—	1,85	—	1,81	—	—	1,70
Verfasser	0,46	0,63	0,775	0,89	0,93	1,04	1,07
	—	—	—	0,134	0,228	0,275	0,33

Berechnet man für die letzten 3 Werte den Verlust, den die Sehschärfe (0,33 ohne Blendung) erlitten, und ebenso für die entsprechenden Werte, die man bei reiner Scleralbeleuchtung erhalten, so ergiebt sich, wenn man die für denselben Winkel geltenden Verlustzahlen addirt, etwa derselbe Prozentsatz Verlust, als wenn derselbe aus der ersten Tabelle gewonnen wird, die für die Blendung des ganzen Auges gilt.

Blendungswinkel	Verlust bei reiner Scleralblendung	Verlust bei Pupillarblendung	Summa	Verlust bei voller Blendung des Auges nach Tab. I
90°	20,0 %	16,7 %	36,7 %	39,4 %
70°	22,1 %	30,9 %	53,0 %	51,5 %
50°	22,4 %	59,4 %	81,8 %	72,7 %

Einfluss der Pupillenweite auf die Sehschärfe bei Blendung.

Von besonderem Interesse bei den Versuchen war das Verhalten der Pupille während der Blendung, da es sich hierbei um die Frage handelt, wie weit sich der Einfluss der Pupillenveränderung auf das Sehen erstrecke. Es verengerte sich, wie nicht anders zu erwarten auf Lichteinfall, im Momente des Eintritts der Blendung die Pupille bedeutend, aber nicht in allen Fällen gleichmässig. Einmal war der Einfallswinkel von Belang: je kleiner derselbe, um so grösser die Miosis; zweitens bewirkte die grössere oder geringere Intensität der Blendung verschieden starke Verengerung. War das Sehobjekt stark beleuchtet, so blieb die Miosis bestehen, war die Beleuchtung unter einer gewissen Grenze, so wurde nach zuerst erfolgter Verengerung die Pupille wieder weit bei allen Winkeln und Intensitäten, nur dass die Weite nicht ganz konstant blieb, sondern während der Dauer der Blendung ein leichtes Spiel der Pupille bemerkt wurde. Die Mydriasis der Pupille muss wohl als der Versuch des Auges, sich der geringen Beleuchtung der Sehobjekte zu adaptiren, angesehen werden.

Zur Untersuchung des Einflusses der Pupillenweite auf das Sehen wurde im Hinblick auf die Hummelsheim'sche[1]) Mittheilung dasselbe Verfahren zur künstlichen Erzeugung der Erweiterung oder Verengerung getroffen, d. h. in das Auge Homatropin (ev. + Cocaïn) resp. Pilocarpin geträufelt. Die bei eintretender Akkomodationslähmung resp. -Krampf erzeugte Brechungsänderung des Auges wurde durch entsprechende Gläser korrigirt. Es konnte nun zunächst bestätigt werden, dass bei guter Beleuchtung des Objektes das Sehen durch eine Miosis entschieden gebessert, durch Mydriasis aber etwas verringert wird; es stieg im ersten Falle bei dem Auge des Verfassers von 1,96 auf 2,20, beim rechten Auge des c. Bahrmann von 1,65 auf 1,91 und sank bei Mydriasis von 2,11 resp. 1,73 auf 2,03 resp. 1,63. Bei einem anderen Modus, die Pupille zu verengern, nämlich durch Lichteinfall in das andere Auge — erzeugt durch Blende

[1]) Hummelsheim, Dr., Ed. Ueber den Einfluss der Pupillenweite auf die Sehschärfe bei verschiedener Intensität der Beleuchtung. v. Gräfe's Archiv f. Ophthalm. XLV. 1898.

Nr. 20 beim Blendungswinkel 25° — stieg die Sehschärfe von 2,063 resp. 1,66 auf 2,30 resp. 1,85. Weiter wurde bestätigt, dass bei einer Beleuchtung von c. 1 bis 2 mk die Sehschärfen für enge, weite und mittlere Pupillen etwa gleich waren. Für den Fall jedoch, dass die Beleuchtung noch weiter herabgesetzt wurde, sind die Hummelsheim'schen Ergebnisse dahin zu erweitern, dass unter einer gewissen Lichtintensität mit Verengerung der Pupille das Sehen verschlechtert wird. War z. B. bei einer Beleuchtung von 0,133 N.-K. die Sehschärfe des Verfassers 0,33, so blieb sie bei künstlicher Mydriasis etwa ebensogross — da ja infolge des schwachen Lichts die Pupille an und für sich schon weit war und durch Homatropin nur sehr wenig vergrössert wurde —, bei Pilocarpinbehandlung jedoch sank sie auf 0,26 herab. Desgleichen ergab sich bei Dr. Schmidt, desse Sehschärfe bei guter Beleuchtung rechts 1,76, links 1,71, bei genannter geringer Beleuchtung 0,204 resp. 0,184 war, nachdem in dessen rechtes Auge Pilocarpin, in dessen linkes Auge Homatropin geträufelt war, bei dieser niederen Lichtstärke: Sehschärfe rechts: 0,178, links 0,19.

Wurde nun bei künstlicher Veränderung der Pupillenweite geblendet, so ergaben sich folgende Resultate, zum Vergleich mit denen aus der ersten Tabelle[1]) noch diejenigen Zahlenwerte der Sehschärfe rekapitulirt sind, die erhalten wurden, wenn die Pupille ohne künstliche Beeinflussung freies Spiel hatte. (Siehe die Tabelle auf folgender Seite.)

Bei der ersten und zweiten Versuchsreihe (d. h. bei den Versuchen, bei denen gute und mittlere Beleuchtung der Objekte bestand: c. 100 und 1,373 N.-K.) in letzter Tabelle unter 3 wurde die Pupille durch Blendung bedeutend verengt und blieb es auch während der Dauer desselben; jedoch war sie nicht so eng, als bei Pilokarpinbehandlung. Im letzten Falle bei sehr niedriger Objektbeleuchtung trat nach kurzer im Augenblick der Blendung auftretender Miosis bald trotz Blendung anhaltende Mydriasis ein, die aber nicht die Grösse der Homatropinmydriasis erreichte. Benutzt wurde Blende N. 20.

Aus den Tabellen ergiebt sich: Ist die Beleuchtung des Objekts eine gute, so wirkt Blendung auf das Sehen

[1]) S. voriges Heft.

1. Bei Mydriasis:

Name des Untersuchten	10°	20°	30°	50°	70°	90°	Centrale Sehschärfe ohne Blendung	Centrale Sehschärfe ohne Blendung und ohne künstliche Beeinflussung d. Pup.
Dep.	—	2,03	—	2,03	—	—	2,03	2,11
Bahrm.	—	1,67	—	1,67	—	—	1,63	1,73
Dep.	0,37	0,61	0,74	0,85	0,93	0,98	1,07	1,07
„	—	—	0,04	0,10	0,18	0,21	0,32	0,32
2. Bei Miosis:								
Dep.	2,20	—	—	2,20	—	—	2,20	1,96
Bahrm.	1,94	—	—	1,94	—	—	1,91	1,65
Dep.	0,49	0,73	0,81	—	0,97	0,97	1,08	1,07
„	—	—	0,03	0,07	0,12	0,19	0,26	0,33
3. Bei unbeeinflusster Pupille:								
Dep.	—	2,45	—	2,375	—	2,34	—	2,20
„	0,43	0,67	0,82	0,90	0,95	0,98	—	1,07
„	—	—	—	0,09	0,16	0,20	—	0,33

eines mydriatischen und miotischen Auges nicht resp. nur in sehr geringem Grade ein — es war bei Bahrmann eine leichte Verbesserung des Sehens zu konstatiren; erwähnt muss jedoch werden, dass ein allerdings minimales Spiel der Pupille nicht vermieden war. Ist die Beleuchtung in mässigem Grade herabgesetzt, so schädigt seitliche Blendung das Sehen des künstlich mydriatischen und miotischen und des nur dem Blendungseinfluss unterliegenden Auges derart, dass, je kleiner der Blendungswinkel, um so särker die Einbusse des Sehens ist. Am stärksten war der Einfluss beim homatropinisirten Auge, am schwächsten beim philokarpinisirten, während die Curve für das unbeeinflusste Auge etwa die Mitte hält zwischen den beiden anderen. Bei ganz herabgesetzter Beleuchtung jedoch ist die Wirkung der Blendung gerade umgekehrt: entsprechend der Thatsache, dass im Dunkeln bei enger Pupille schlechter gesehen wird als bei weiter, störte die seitliche Blendung bei miotischer Pupille mehr als bei mydriatischer; je weiter die Pupille war, um so weniger schädigte die Blendung. Das Verhalten dem Blendungswinkel gegenüber war wie bei mässiger Beleuchtung.

Ursache der Alteration der Sehschärfe bei Blendung.

Was nun den eigentlichen Grund der Alteration des centralen Sehens durch Blendung betrifft, so müssen wir bei Beurteilung derselben auseinanderhalten, dass einmal eine Besserung, unter anderen Verhältnissen eine Verschlechterung eintrat. Die erste dürfte als hauptsächlichste, wenn nicht einzige Ursache die durch Blendung verursachte Pupillenverengerung haben. Es ist ja klar, dass bei enger Pupille, durch die nur Centralstrahlen ins Auge gelangen, aus physikalischen Gründen das Bild dadurch schärfer wird, und somit die Sehschärfe sich bessert. Als Beweis für obige Behauptung können folgende Ergebnisse zusammengefasst werden:

1. Das Sehen war besser bei enger als bei weiter Pupille, sei es, dass die Verengerung durch Blendung des sehenden oder des andern Auges oder durch Pilocarpin hervorgerufen wurde.

2. Das Sehen wurde bei reaktionsloser mydriatischer und miotischer Pupille durch Blendung nicht resp. unwesentlich gehoben; bei H. Bahrmann trat zwar eine geringe Besserung auf, jedoch war, wie oben schon erwähnt, die Pupille nicht absolut starr.

Dass bei herabgesetzter Beleuchtung die Blendung eine sehstörende Wirkung entfaltete, dürfte in einer durch Blendung verursachten Adaptationsstörung der Netzhaut beruhen. Diese war eben nicht mehr in der Lage sich für die Helligkeit, mit der die Sehobjekte beleuchtet wurden, zu adaptiren, weil sie durch das von der Seite kommende Licht einer grösseren Lichteinwirkung ausgesetzt war. Dass eine geblendete Netzhaut eine höhere Adaptationszeit beansprucht, als die nicht geblendete, ist durch Treitel[1]) nachgewiesen worden. In meinen Experimenten jedoch kam die Netzhaut, da ja ihre Funktion während der Blendung noch geprüft wurde, garnicht dazu sich zu adaptieren, so dass die Herabsetzung der Sehschärfe sich daraus vollkommen erklären lässt. Es ergibt sich auch daraus von selbst, dass, je grösser die Blendung, um so grösser die Sehstörung sein musste. Dass der kleinere Blendungswinkel grösseren Einfluss haben musste,

---

[1]) Treitel, Ueber das Verhalten der normalen Adaptation. v. Gräfes Archiv für Ophtahlm. Bd. XXXIII. 2.

ist ebenfalls erklärlich, da ja die Blendung dadurch der Macula lutea näher rückte und so deren Adaptation um so stärker beeinflussen musste.

Was die subjektiven Nebenerscheinungen bei der Blendung betraf, so waren dieselben folgende: War das Objekt gut beleuchtet und wurde geblendet, so hatte Verfasser das Gefühl, als werde das Gesichtsfeld im Moment der Blendung verengt, als senke sich von der Peripherie dem Centrum zu ein schwarzer Schatten: wohl eine Folge der Pupillenverengerung. Die Zahlen wurden in ihren Umrissen schärfer und deutlicher. War die Beleuchtung so herabgesetzt, dass Verschlechterung eintrat, so verloren die Zahlen ihre Schwärze und deutlichen Umrisse; auch zeigte sich ein geringes Schwanken im Erkennen; bald waren die Objekte mehr, bald weniger gut erkennbar. Das Gesichtsfeld wurde wie mit einem grauen Schleier bedeckt, je stärker der Blendungseinfluss wurde. Weiterhin verschwanden kleine Zahlen ganz, die grösseren tauchten nur noch wie in einem Nebel auf. Schliesslich konnte auch nicht einmal der helle Spalt, in dem die Zahlen erschienen, gesehen werden. Je ungünstiger die Verhältnisse für das Sehen wurden, um so eher trat Ermüdung des Auges ein. Konnten anfänglich noch bei Blendung grössere Zahlen in geringer Entfernung gelesen werden, so verschwanden sie bei länger dauernder Blendung vollständig. Entsprechend den geblendeten Stellen traten Nachbilder auf, deren Verschwinden natürlich bis zum nächsten Versuche immer erst abgewartet wurde. Konstant war auch das unwillkürliche Bestreben des Auges bei geringer Objektbeleuchtung nicht mehr central, sondern peripher zu fixiren, wobei dann immer etwas besser gesehen wurde. Zahlen, die beim centralen Fixiren eben nicht mehr wahrgenommen wurden, tauchten bei peripherer Fixation wieder auf. Es entspricht diese Wahrnehmung der Beobachtung, die man leicht abends nach dem Auslöschen der Lampe im Zimmer an sich machen kann: ist die Beleuchtung draussen im Freien so gering, dass man mit dem zunächst nicht adaptirten Auge nichts wahrnehmen kann, vielleicht nicht einmal den geringen Lichtschimmer, der noch durch das Fenster dringt, so gelingt es, ist überhaupt ein solcher vorhanden, ihn dann wahrzunehmen, wenn man den Blick um ein geringes seitlich vom Fenster

richtet. Erst später ist man im Stande, auch direkt den Lichtschimmer des Fensters zu erkennen. Treitel teilt mit, dass es ihm bei seinen Versuchen aufgefallen wäre, dass er unmittelbar nach dem Eintritt aus dem hellen ins dunkle Zimmer selbst grosse Gegenstände z. B. einen weissen Ofen, ein weisses Handtuch nur seitwärts, nicht gradeaus wahrnehmen konnte. Er stellte daraufhin genauere Versuche an, aus denen sich ergab, dass ein nicht adaptirtes Auge direkt schlechter als indirekt sieht. Auch weitere in der Litteratur über diese Thatsache angegebene Daten führt er an.

Bei der Verfolgung des Verlaufes der Curven dürfte es auffallen, dass dieselben gegebenenfalls nicht bis zum Nullpunkt der Sehschärfe herabgesetzt sind. Thatsächlich war es bei der Art, wie die Versuche angestellt wurden, nicht möglich auf einen so niedrigen Wert herabzukommen. Es wurde vom hellerleuchteten Gesicht und der Brille stets Licht reflektirt und dadurch die Zahlen eventuell heller erleuchtet als durch die Lampe allein. Je näher die Zahlen dem Auge kommen, und je mehr das Petroleumlampenlicht gedämpft wurde, um so stärker machte sich das reflektirte Licht geltend. War das Objekt gut beleuchtet, so machte der geringe Zuwachs an Licht nichts aus, zumal denn die Entfernung der Zahlen vom Gesicht eine grosse war. Um nun auch bei herabgesetzter Beleuchtung diesen störenden Einfluss zu eliminiren, wurde eine schwarze, matte Maske mit einem ausgeschnittenen Loch für das Auge vor das Gesicht gehalten und gleichzeitig durch einen schwarzen Schirm verhütet, dass vom Anzuge etc. Licht reflektirt wurde. War so bis auf eine Entfernung von c. 20 cm die Störung so gut wie beseitigt, so war innerhalb derselben eine Ausschaltung des Einflusses des reflektirten Lichts nicht mehr möglich. Das letztere reichte dann aus, die Zahlen so zu erhellen, dass sie trotz Blendung wieder erkannt wurden. Indess ist zu berücksichtigen, dass in natürlichen Verhältnissen ebenfalls Licht reflektirt wird, und dass es auch nicht darauf ankam, die Sehschärfe bis 0 sinken zu lassen, um das Gesetz zu erkennen. Den Einfallswinkel der Blendung geringer als 10^0 zu machen, dazu gestattete die Breite der Holzschiene nicht die nöthige Annäherung des Auerbrenners. Indess lässt sich aus den bis 10^0 geführten Curven der weitere Verlauf derselben mit Sicherheit erraten. —

Fassen wir noch einmal kurz die wesentlichen Resultate der Untersuchungen zusammen, so würden dieselben sich in folgenden Sätzen zusammenstellen lassen:

Die seitliche Blendung erzeugt in dem geblendeten Auge

1. Eine Verbesserung der centralen Sehschärfe bei guter Objektbeleuchtung, wobei das Blendungslicht nur die Sclera oder nur die Pupille oder beide gleichzeitig treffen kann.

Die Ursache für die Erhöhung des Sehens ist die durch Blendung erzeugte Pupillenverengerung.

2. Eine Verschlechterung der centralen Sehschärfe bei herabgesetzter Erhellung der Sehobjekte, sei es, dass es sich um Scleral-, Pupillen- oder Totalblendung des Auges handelt.

Die Ursache für die Sehstörung liegt in einer Adaptationsstörung der Netzhaut.

Die Sehstörung ist um so grösser:

a. je geringer die Beleuchtung des Sehobjektes
b. je kleiner der Blendungswinkel
c. je erheblicher die Blendung und
d. je grösser die geblendete Netzhautfläche wird.

Aus diesen Sätzen ergiebt sich ohne weiteres eine Erklärung für die eingangs erwähnten Sehstörungen im alltäglichen Leben ebenso für die Litteraturmittheilungen von der Besserung des Sehens. Nur von den Mittheilungen von Urbantschitsch und Schmidt-Rimpler über die Erhöhung der Sehschärfe bei Augen mit reaktionsloser Pupille habe ich mich für mein untersuchtes Auge nicht überzeugen können. Vielleicht finden diese Abweichungen darin ihre Erledigung, dass in diesen Fällen die Pupillenstarre eine nicht absolut vollkommene war, wie ich es bei dem Auge des Herrn Bahrmann fand, bei dem auch trotz bestehender Mydriasis oder Miosis eine, allerdings geringe Erhöhung der Sehschärfe eintrat, die weit hinter der bei guter Pupillenreaktion erhaltenen zurückblieb.

Wir sehen also, dass eine bei Blendung eintretende Sehstörung nicht allein bedingt sein kann durch zu grelle Beleuchtung der Objekte, wie dies gewöhnlich als Ursache angesehen wird, sondern dass auch seitlich das Auge treffendes Licht sich in sehr erheblichem Maasse an der

Schädigung unseres Sehvermögens betheiligt, und wir diesen zweiten Faktor bei den meisten im täglichen Leben beobachteten Blendungserscheinungen als schuldig ansprechen müssen.

Zum Schluss habe ich noch die angenehme Pflicht zu erfüllen, Herrn Professor Uhthoff für die Anregung zu dieser Arbeit und sein jederzeit bethätigtes Interesse an der Entwicklung derselben meinen ergebensten Dank auszusprechen. Auch die Herren Dr. Schmidt, Cand. Bahrmann, Reinhardt, Neuse haben mich durch ihre Teilnahme an meinen Versuchen zu grossem Dank verpflichtet.